

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 – Strojírenství

Materiály a technologie
zaměřením tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Porovnání technologií pro zhotovení velkorozměrových desek z termoplastů

The comparison of technologies for producing large-sized panels of thermoplastic

Martin Krejčí
KSP – TP – B68

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D.
Konzultant bakalářské práce: Ing. Jakub Zeman

Rozsah práce a příloh:

Počet stránek: 54

Počet tabulek: 7

Počet příloh: 0

Počet obrázků: 23

Datum: 28. 5. 2010

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341 – Strojírenství

Student: Martin Krejčí

Téma práce: Porovnání technologií pro zhotovení
velkorozměrových desek z termoplastů

The comparison of technologies for producing
large-sized panels of thermoplastic

Číslo BP: KSP – TP – B68

Vedoucí BP: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D.

Konzultant: Ing. Jakub Zeman

Abstrakt:

Tématem této bakalářské práce je porovnání způsobů výroby velkorozměrových desek z termoplastů. Cílem této práce je podat stručný přehled nejčastěji používaných termoplastů a podrobný rozbor několika nejčastěji používaných technologií pro výrobu desek a jejich porovnání z několika hledisek.

Klíčová slova: Termoplast, desky, technologie výroby.

Abstract:

The theme of this bachelor thesis is to compare kinds of a production of large-scaled panels made of thermoplastics. The goal of this thesis is to show a short summary of the most used thermoplastics and a detailed analysis of several the most used technologies for manufacturing panels and their comparison from several perspectives.

Keywords: Thermoplastic, panels, production technology.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 28. 5. 2010

.....
Martin Krejčí
Husova ul. 656/28
460 17 Liberec 1

**Obsah:**

| | |
|--|-----------|
| 1. ÚVOD | 7 |
| 2. Nejčastější materiály používané pro výrobu desek | 8 |
| 2.1 POLYETHYLEN – PE..... | 8 |
| 2.1.1 Vlastnosti | 8 |
| 2.1.2 Zpracování | 8 |
| 2.1.3 Použití..... | 9 |
| 2.2 POLYPROPYLEN – PP..... | 9 |
| 2.2.1 Vlastnosti | 9 |
| 2.2.2 Zpracování | 9 |
| 2.2.3 Použití..... | 10 |
| 2.3 POLYVINYLCHLORID – PVC..... | 10 |
| 2.3.1 Vlastnosti | 10 |
| 2.3.2 Zpracování | 10 |
| 2.3.3 Použití..... | 11 |
| 2.4 POLYSTYREN – PS | 11 |
| 2.4.1 Vlastnosti | 11 |
| 2.4.2 Zpracování | 12 |
| 2.4.3 Použití..... | 12 |
| 2.5 AKRYLONITRIL – BUTADIEN – STYREN – ABS..... | 12 |
| 2.5.1 Vlastnosti | 12 |
| 2.5.2 Zpracování | 12 |
| 2.5.3 Použití..... | 13 |
| 2.6 POLYAMIDY – PA..... | 13 |
| 2.6.1 Vlastnosti | 13 |
| 2.6.2 Zpracování | 13 |
| 2.6.3 Použití..... | 13 |
| 2.6.4 Nejvýznamnější polyamidy: | 14 |
| 3. Technologie výroby desek | 15 |
| 3.1 Technologie vytlačování..... | 15 |
| 3.1.1 Příklad použití technologie vytlačování | 25 |
| 3.1.2 Technologie Koextruze | 26 |
| 3.1.3 Výhody desek vyráběných vytlačováním | 28 |
| 3.1.4 Nevýhody desek vyráběných vytlačováním | 28 |
| 3.2 Technologie vstřikování..... | 29 |
| 3.2.1 Příklad použití technologie vstřikování | 33 |
| 3.2.2 Výhody výroby desek vstřikováním..... | 34 |
| 3.2.3 Nevýhody výroby desek vstřikováním..... | 34 |
| 3.3 Technologie lisování..... | 35 |
| 3.3.1 Příklady použití lisování | 37 |
| 3.3.2 Výhody desek vyráběných lisováním | 39 |
| 3.3.3 Nevýhody desek vyráběných lisováním | 39 |
| 3.4 Technologie odlévání plastů..... | 40 |
| 3.4.1 Bloková polymerace..... | 40 |
| 3.4.2 Příklad použití technologie odlévání | 40 |
| 3.4.3 Výhody odlévaných desek | 42 |
| 3.4.4 Nevýhody odlévaných desek | 42 |
| 3.5 Technologie Pultruze..... | 43 |
| Výhody technologie pultruze..... | 44 |



| | |
|--|-----------|
| Nevýhody technologie putruze..... | 45 |
| 4. Porovnání technologií | 46 |
| 4.1 Z hlediska mechanických vlastností desek..... | 46 |
| 4.2 Z finančního hlediska | 46 |
| 4.3 Z hlediska použitelnosti druhů termoplastů | 47 |
| 4.4 Z hlediska výrobních rozměrů | 47 |
| 5. ZÁVĚR..... | 48 |

**Přehled použitých zkratk:**

| | |
|-------------|--|
| D | Průměr šneku vytlačovacího stroje [mm] |
| ABS | Akrylonitril – Butadien – Styren |
| PS | Polystyren |
| PE | Polyethylen |
| PP | Polypropylen |
| PA | Polyamid |
| HDPE | High Density polyethylen |
| LDPE | Low Density polyethylen |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| PMMA | Polymethyl methacrylat |
| PTFE | Polytetrafluoretylen |

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním technologií pro výrobu velkorozměrových desek vyráběných z termoplastických materiálů. Deska (Obr. 1) je výrobek ve tvaru plochého pravoúhlého hranolu s definovanou tloušťkou. Všeobecně hlavní využití desek je ve formě polotovarů, které se dále tvarují a zpracovávají na požadované díly. Využívají se také jako již hotový výrobek. Tato práce porovnává způsoby výroby jak po stránce technologické, jsou zde podrobně rozebrány technologie vytlačování, vstřikování, lisování, odlévání a pultruze, tak po stránce technologické i ekonomické. Jako první jsou zde rozebrány jedny z nejčastěji používaných materiálů pro výrobu desek. Dále je zde rozbor, jednotlivé výhody, nevýhody a oblasti využití technologií pro výrobu termoplastických desek. V závěru této práce je vzájemné porovnání technologií výroby z několika hledisek. Přínosem práce je přehled a obecné informace o vhodnosti jednotlivých technologií.



Obr. 1 Tvary desek [18]

2. Nejčastější materiály používané pro výrobu desek

[5], [8], [11], [12], [14], [24]

Termoplastické materiály

Jsou to materiály tvárné teplem, které při zahřátí měknou a po ochlazení tuhnou. Při opětovném zahřátí termoplasty znovu měknou, takže se dají přetvářet i několikrát, proto je můžeme dobře recyklovat.

2.1 POLYETHYLEN – PE [11] , [12]

Polyethylen patří do skupiny polyolefinů. Je to nejpoužívanější plast na světě díky své příznivé ceně, dobré chemické odolnosti a zdravotní nezávadnosti. Vzhledem k hromadné produkci dosáhl PE příznivou cenovou hladinu a stal se univerzálním konstrukčním materiálem, který může konkurovat tradičním materiálům jako jsou dřevo, kovy a sklo. Rozlišují se hlavní dva druhy, lineární a rozvětvený PE. Lineární je označován jako typ o vysoké hustotě (HDPE, z angl. High Density – vysoká hustota). Rozvětvený naopak jako typ o nízké hustotě (LDPE, z angl. Low Density – nízká hustota)

2.1.1 Vlastnosti

Chemická odolnost polyethylenu se zvětšuje se stoupajícím stupněm krystalinity. Za běžných teplot odolává polyethylen vodě, neoxidujícím chemikáliím včetně kyselin a zásad, solím a jejich roztokům. PE má výbornou odolnost vůči nízkým teplotám. Za zvýšených teplot jsou předměty z rozvětveného polyethylenu (LDPE) tvarově stálé do 90°C, předměty z lineárního (HDPE) do více než 100°C. PE je za normálních podmínek bílý, v tenčí vrstvě je průhledný. Se stoupající hustotou stoupá i pevnost v tahu, tvrdost i tuhost, flexibilita klesá.

2.1.2 Zpracování

Fyzikální a mechanické vlastnosti jednotlivých PE umožňují zpracování nejrůznějšími technologickými postupy. Například vstřikováním, vytlačováním, to patří mezi jednu z nejdůležitějších technologií zpracování PE. Tímto způsobem se vyrábějí různé druhy profilů. PE folie větších tloušťek se vyrábějí stejně jako desky vytlačováním z širokoštěrbinové vytlačovací

hlavy. Dalším způsobem zpracování je lehčení, které zlepšuje dielektrické vlastnosti PE. Pro tuto technologii se používá granulový PE s nadouvadlem. Zpracovává se na vytlačovacích strojích, kde se ohřevem rozkládá nadouvadlo. PE se zpracovává také lisováním, které probíhá mezi topnými deskami v etážovém lisu.

2.1.3 Použití

Největší část PE se využívá pro výrobu fólií a desek, především pro obalovou techniku. Ve stavebnictví hlavně jako ochrana a izolace. V zemědělství hlavně ve formě fólií a desek na pařeniště, skleníky, siláže atd. V chemickém průmyslu pro větrací komíny, odsávání, chemické aparatury a jejich součásti.

2.2 POLYPROPYLEN – PP

Je termoplastický polymer ze skupiny polyolefinů, které patří mezi nejběžnější plasty. Polypropylen se vyznačuje vysokou rázovou pevností a použitelností v širokém rozsahu teplot. Tyto vlastnosti, kombinované s mimořádnou chemickou odolností, jsou hlavním důvodem, proč se tento materiál používá ve velkém měřítku v chemickém průmyslu.

2.2.1 Vlastnosti

Polypropylen je jeden z nejlehčích plastů, plave na vodě. Vzhledem ke stupni krystalinity 60% až 75% je neprůhledný. Má výborné mechanické vlastnosti. Mezi jeho přednosti patří nízká hustota, vysoká teplotní a tvarová stálost. Slabě propouští plyny a páry, má výborné elektroizolační vlastnosti. Odolává kyselinám, zásadám, organickým rozpouštědlům a olejům. Neodolává chlorovaným uhlovodíkům. Odolává korozi lépe než polyethylen, je tvrdší a odolnější proti vyšším teplotám, za nízkých teplot je však méně odolný. Nedostatkem je malá rázová pevnost mezi -10 až +40 °C. Bod měknutí je v rozmezí 165 – 175 °C, při teplotách nad 200 °C dochází k jeho degradaci. K nevýhodám patří nízká otěruvzdornost, odolnost vůči oxidaci a špatná lepitelnost.

2.2.2 Zpracování

Je možné jen zpracovat podobně jako PE – vytlačováním, vstřikováním apod. Desky a bloky lze lisovat. Dá se potiskovat. Špatně se

lepí, proto jej spojujeme svařováním. Desky se spojují svařováním horkým vzduchem za přídavku materiálu nebo takzvaně na „tupo“. [5]

2.2.3 Použití

Ve stavebnictví, široké použití ve strojírenském průmyslu. Výroba nádrží a nádob v chemickém průmyslu, septiky, jímky, součásti čerpadel, těsnění apod. Modré desky jsou používány k výrobě bazénů.

2.3 POLYVINYLCHLORID – PVC

Společně s PE a PP je jedním z nejmasověji vyráběným syntetickým plastem. Za jeho mimořádné rozšíření mohou jeho poměrně levné způsoby výroby a jeho snadná zpracovatelnost prakticky všemi základními způsoby.

2.3.1 Vlastnosti

Ve vodě nerozpustný, odolný vůči chemikáliím. Špatně hoří, čehož se využívá v řadě aplikací. Působením organických rozpouštědel bobtná a rozpouští se. PVC je do 45 °C tepelně stálý, krátkodobě odolává 60 °C, při 85 °C začíná měknout, při 150 °C se dá tvarovat. Jeho mechanické vlastnosti umožňují výrobu různých sortimentů.

2.3.2 Zpracování

PVC se nezpracovává jako čistý, přidávají se do něj látky zlepšující jeho vlastnosti a umožňující dobré zpracování. Například změkčovadla - zlepšují elasticitu, stabilizátory – zabraňují rozkladu vlivem tepla a světla, maziva – usnadňují zpracovatelnost, pigmenty – barví PVC.

Zpracování neměkčeného PVC: Vyrábí se z něj fólie a desky válcováním, nebo na vytlačovacích strojích. Profily a trubky se rovněž vytlačují. Vstřikováním se vyrábějí různé technické dílce.

Zpracování měkčeného PVC: Tato směs PVC se změkčovadly se zpracovává na polotuhé až měkké elastické výrobky podobnými způsoby jako neměkčené PVC.

PVC se velmi snadno obrábí třískovými způsoby. Z důvodů deformace se při obrábění nesmí přehřát. Dá se svařovat, lepit a potiskovat.

2.3.3 Použití

Měkčený PVC k výrobě podlahových krytin, fólií, hraček. Přibližně polovina z celosvětově vyráběného množství se používá ve stavebnictví, hlavně jako podlahové krytiny.

Vlastnosti materiálů PVC, PP, PE

Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálů [8]

| Vlastnost | Jednotka | PVC | PE | PP |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Měrná hmotnost | g/cm ³ | 1,45 | 0,95 | 0,91 |
| Nasákavost | % | 0,2 | 0,01 | 0,01 |
| Pracovní teplota | °C | -15 +60 | -50 +90 | +5 +100 |
| Pevnost v tahu | MPa | 30 | 34 | 35 |
| Vrubová houževnatost | J/cm ² | 3 | 20 | 13 |
| Tvrdost (Rockwell) | MPa | 120 | 40 | 71 |
| Pevnost v ohybu | MPa | 90 | 30 | - |
| Modul pružnosti | MPa | 3000 | 950 | 1450 |
| Tepelná vodivost (20 °C) | W(m*K) | 0,14 | 0,43 | 0,22 |
| Povrchový odpor | Ω | >10 ¹³ | >10 ¹⁶ | >10 ¹³ |
| Vnitřní odpor | Ω.cm | >10 ¹⁵ | >10 ¹⁵ | >10 ¹⁵ |

2.4 POLYSTYREN – PS

Polystyren patří k nejrozšířenějším termoplastům. Objemem zpracování ho předstihují jen polyetylen, polypropylen a polyvinylchlorid.

2.4.1 Vlastnosti

Standardní polystyren je čirý, tvrdý, ale poněkud křehký plast vysokého lesku s vynikajícími elektroizolačními vlastnostmi. Při běžných podmínkách je dostatečně odolný vůči oxidaci, ale nehodí se pro venkovní použití, protože fotooxidací žloutne a křehne. Je odolný vůči alkoholům, minerálním olejům a zásadám. Teplotní hranice jeho použitelnosti je 75°C.

Při 140 °C se dá bez obtíží tvarovat. Mechanické vlastnosti a vzhled umožňují jeho aplikaci na nejrůznější technické výrobky.

2.4.2 Zpracování

Polystyren se zpracovává především vstřikováním. Desky se vyrábějí vytlačováním a lisováním.

2.4.3 Použití

Uplatnění pěnového polystyrenu je především v chladírenské technice a stavebnictví jako tepelná a zvuková izolace. Dále se používá v obalové technice jako ochrana při dopravě a manipulaci.

2.5 AKRYLONITRIL – BUTADIEN – STYREN – ABS [16]

Jedná se o kopolymer polystyrenu. Řadí se mezi levnější konstrukční termoplasty.

2.5.1 Vlastnosti

Chemickou odolnost a houževnatost má výrazně lepší než PS. Plasty na bázi ABS nabízejí téměř dokonalou rovnováhu mezi pevností v tahu, nárazovou a otěrovou odolností, rozměrovou stabilitou, tvrdostí povrchu, tuhostí, tepelnou odolností, mechanickými vlastnostmi, chemickou odolností a elektrickými charakteristikami. Díky butadienové složce má ABS vynikající rázovou houževnatost, speciální typy dokonce i při nízkých teplotách (-40 °C). Obecné typy ABS jsou vhodné i pro exteriérové aplikace. Působením UV záření a vzdušného kyslíku však dochází k poškození, což vede ke žloutnutí výrobku a snížení jeho nárazové odolnosti. Tento proces může být zmírněn použitím tmavých barev nebo UV stabilizací. ABS je teplotně stabilní. Tepelně odolné typy mohou být krátkodobě vystaveny teplotám až 110 °C.

2.5.2 Zpracování

Zpracovává se vstřikováním a vytlačováním, vyfukováním, tvarováním za tepla i lisováním. ABS lze dobře lepit, svařovat a povrchově upravovat (např. pokovovat).

2.5.3 Použití

ABS se používá všude tam, kde je vyžadována vynikající povrchová kvalita, barevná stálost a odolnost, navíc je tento materiál cenově dostupný.

2.6 POLYAMIDY – PA [16], [17]

Mechanické vlastnosti jsou závislé na typu PA, molekulové hmotnosti a obsahu vody.

2.6.1 Vlastnosti

Jsou to konstrukční semikrystalické termoplasty světle žluté barvy, tuhé, s výbornou pevností v tahu a vysokou rázovou houževnatostí a dobrou odolností proti nárazu. Dobře se zpracovávají a barví. Mezi jejich nevýhody patří nasákavost vodou. Míra absorpce vody záleží na typu polyamidu, míře krystalinity a okolní vlhkosti. Absorbovaná voda zmenšuje mezimolekulární síly, což má za následek, že má změkčující účinek, který se projevuje ve snížení pevnosti, tuhosti a tvrdosti. Naopak nárůstem rázové a vrubové houževnatosti. Odolnost proti UV záření a vlivu povětrnostních podmínek je nižší. Špatně odolává korozi za napětí. Polyamidy mohou být také míšeny s jinými plasty, aby bylo dosaženo požadovaných vlastností.

2.6.2 Zpracování

Polyamidy se dají vstřikovat, vytlačovat na vytlačovacích strojích na různé profily, desky a folie. Lze je svařovat, lepit, potiskovat i pokovovat. Odlévání tvarových výrobků se používá, když by masová výroba vstřikováním z polymerního granulátu byla neekonomická, nebo pro jejich velikost technicky nerealizovatelná.

2.6.3 Použití

Výstelky zásobníků sypkých hmot, kluzné části strojů, kluzná ložiska, plochá a tvarová těsnění, vodící pouzdra, vodící desky.

**2.6.4 Nejvýznamnější polyamidy:****Polyamid 6 – PA 6:**

Materiál PA 6 je plast s pozoruhodnou pevností, houževnatostí a tvrdostí. Tento typ materiálu poskytuje velmi dobré kluzné vlastnosti, vysokou odolnost proti otěru, dobrou chemickou stálost proti organickým rozpouštědlům, olejům a palivům. Je houževnatě tvrdý a disponuje dobrou tlumící schopností.

Polyamid 66 – PA 66:

Polyamid typu 66 má vyšší pevnost a tvrdost oproti polyamidu 6. Dobře odolný proti otěru, má nízký koeficient tření, snadno se obrábí. Je odolný vůči stárnutí a klimatickým podmínkám.

3. Technologie výroby desek

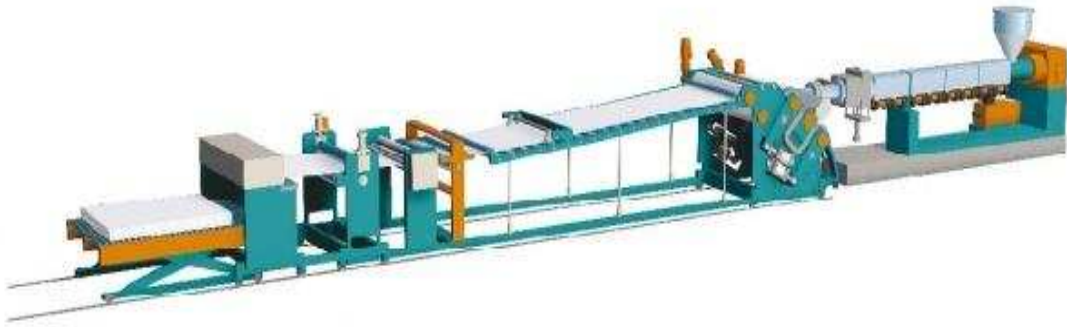
V této kapitole budou podrobně rozebrány tyto jednotlivé technologie výroby desek:

- vytlačování
- vstřikování
- lisování
- odlévání
- pultruze

3.1 Technologie vytlačování: [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]

Technologie výroby desek vytlačováním neboli extrudováním a následným válcováním patří k nejrozšířenějším způsobům výroby. „Vytlačování je technologický proces vyznačující se tím, že plast v plastickém stavu se kontinuálně tváří do požadovaného tvaru, který je fixován snížením teploty plastu, to znamená, že po při chladnutí konzistence plastu přestává být plastická a mění se do pevného skupenství, čímž si výrobek drží svůj tvar.

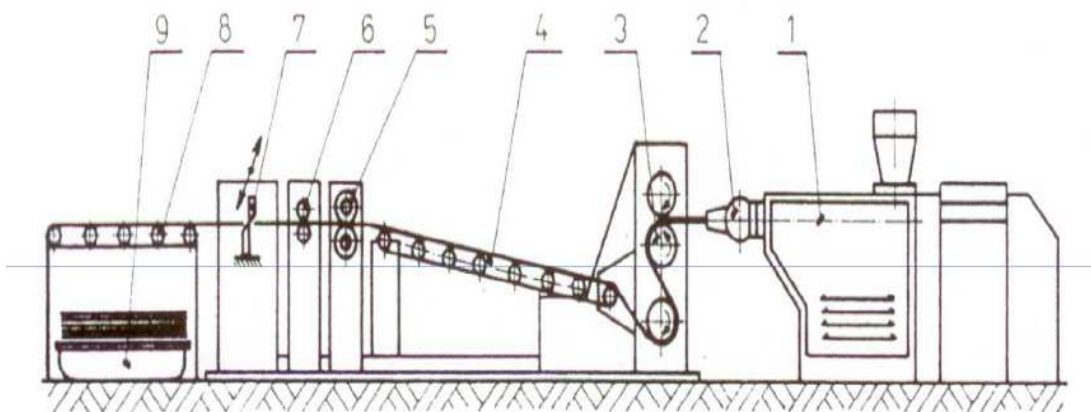
Hlavní částí vytlačovací linky (Obr. 2) je vytlačovací stroj - tzv. extruder. Skládá se ze šneku a vyhřívaného pouzdra. Do pouzdra vytlačovacího stroje se v přesném poměru nadávkuje všechny komponenty plastové směsi, ty jsou pomocí šneku zamíchány (homogenizovány, roztaveny) plastifikovány a dopraveny do ploché vytlačovací hlavy, která vytvaruje taveninu do formy nekonečného pásu. Ten je tvarově fixován pomocí tří kalandrovacích válců. Následně je pás zchlazen a naformátován na požadovaný rozměr. Předností technologie vytlačování při výrobě desek je velká variabilita vyráběných rozměrů. Všechny výrobky z použitého materiálu jsou plně recyklovatelné a nezatěžují životní prostředí.“ [5]



Obr. 2 Vytlačovací linka [31]

Základní části vytlačovací linky pro výrobu desek tvoří:

- násypka pro materiál
- extruder
- válcovací část
- chladicí část
- ořezávací část
- tažné válce
- dělicí část
- dopravník pro uskladnění.



Obr. 3 Schéma vytlačovací linky [7]

1 – šnekový vytlačovací stroj (extruder), 2 – širokoštěrbinová vytlačovací hlava, 3 – tříválnový kalandrovací stroj, 4 – válečkový dopravník, 5 – ořezávací část, 6 – tažné válce, 7 - příčná dělicí část, 8 – stohovací zařízení, 9 – paleta.

Touto technologií se vyrábějí desky omezené šířky (šířka závisí na šířce výrobní linky) a teoreticky neomezené délky (délka je omezena výrobními prostory). Pro tloušťku vyrobenou touto technologií obecně platí, že nad 1 mm hovoříme o deskách a pod 1 mm hovoříme o fóliích.

Jako výchozí surovina pro výrobu slouží granulát (Obr. 4), nebo drť požadovaného materiálu. Granulát bývá do podniku dopravován kamióny se silou. Rozvodním potrubím je dopravován do velkých sil. Odtud je dále rozvodním potrubím dopravován přímo do násypky vytlačovacího stroje.



Obr. 4 Granulát ABS [4]

Pokud je granulát balen do pytlů, je potřeba pracovník, který ho bude sypat přímo do násypky stroje. Při výrobě, kde se používají materiály náchylné k navlhání, což je například ABS, se musí brát v potaz sušení. To se provádí v podnikových sušárnách. Tato mezioperace je však ekonomicky nákladná a výrobu tak znatelně zdražuje. Proto, pokud je to možné, se od sušáren upouští a při vytlačování se používá takzvané evakuace (odplyňování). Tato metoda je integrována přímo v extruderu a suší materiál již v plastickém stavu. Jde o místo nazývané evakuační (odplyňovací) zóna (Obr. 5), kde důsledkem zúžení vytlačovacího šneku kondenzuje vodní pára a ostatní znečišťující plyny. Tyto plyny se následně odvádějí tlakem vývěvy do kondenzační jednotky, kde vodní pára s plyny prochází chladiči a kondenzuje ve vodu a ostatní plyny se odvádějí do ovzduší. Toto je při výrobě desek výhodné, protože potřebujeme materiál bez těkavých podílů,

které by mohly vytvářet bublinky, což by bylo nevhodné. Zároveň se při výrobě ušetří náklady na provoz sušárny granulátu.



Obr. 5 Evakuační (odplyňovací) zóna šneku

Při vytlačování a následném válcování vznikají na okrajích desek návalky nebo tenká vrstva, což je nevhodné, protože musíme zaručit stejnou kvalitu desky po celé ploše. Proto se v průběhu procesu výroby okraje odřezávají. Odřezané části se dále zpracovávají nožovými drtiči na drť, která je rozvodným potrubím dopravována zpátky do násypky stroje, kde se smísí s granulátem.

Násypka stroje zajišťuje zásobu materiálu a také kontinuální dávkování materiálu. Zde může být materiál předehříván až na 60°C, což usnadňuje a zkracuje dobu plastifikace v extruderu a tím zrychluje celý proces.

Hlavní částí celé linky je vytlačovací stroj. Požadavky na vytlačovací stroj (extruder) jsou následující: vysoký vytlačovací výkon úměrný otáčkám šneku a co nejméně závislý na protitlaku, rovnoměrná doprava taveniny bez pulzací, vytlačování taveniny bez orientace, homogenní zamíchání polymeru se všemi případnými aditivami bez těkavých podílů, místně a časově rovnoměrná teplota taveniny, která je optimální z hlediska výkonu stroje, zpracovávaného polymeru a kvality vytlačovaného výrobku.



Obr. 6 Jednošnekový vytlačovací stroj [6]

Vytlačovací stroje se dělí na jednošnekové (Obr. 6) a vícešnekové, rychloběžné a pomaloběžné. U rychloběžných strojů v důsledku vysokých otáček šneku (250 až 1500 min^{-1}) stačí vytápět komoru pouze na začátku, neboť vzniklé teplo třením stačí k roztavení materiálu, u pomaloběžných strojů musí být ohřev tavicí komory neustálý. Rychloběžné stroje mají krátké šneky s délkou $10D$ až $17D$. (pozn.: D = průměr šneku).

Obecně je vytlačovací stroj rozdělen na tři části: vstupní, kompresní neboli přechodová a výstupní. Ve vstupní části se musí většinou polymer předeřhát a za odplynění stlačit. V kompresní části je polymer dále stlačován, plastikován a homogenizován s případnými přísadami. Ve výstupní části je již ve formě tepelně i materiálově homogenní taveniny pod tlakem kontinuálně vytlačován. Toto zpracování probíhá otáčejícím se šnekem. Šneky jsou vyrobeny z tvrdých (kvůli opotřebení), korozi odolných materiálů. Design a geometrie šneku jsou vyvíjeny a přizpůsobeny specifickým surovinám a požadavkům na výrobky.

„Šnek je nejvýznamnější funkční částí vytlačovacího stroje. Teoreticky by každý plast vyžadoval svůj vlastní šnek, ale v praxi se používá několik ověřených konstrukcí šneku, které buď výrobce vytlačovacího stroje, nebo dodavatel polymeru pro jeho optimální zpracování doporučí.“ [2] Velikost vytlačovacího stroje se určuje průměrem šneku D a jeho účinnou délkou L , která se obvykle vztahuje k průměru poměrem L / D (délka ku průměru). Pro zpracování termoplastů se používají většinou šneky s poměrem $L / D = 20$ a

vyšším. „Běžně jsou používány jednoduché šneky (Obr.7) s úhlem stoupání $17,7^\circ$. Dále jsou šneky pro zpracování polymerů charakterizovány tzv. kompresním poměrem. Pro granuláty termoplastů se pohybuje v rozmezí 1,8 až 4. Doposud se nepodařilo zkonstruovat univerzální šnek pro všechny termoplasty.“ [2]



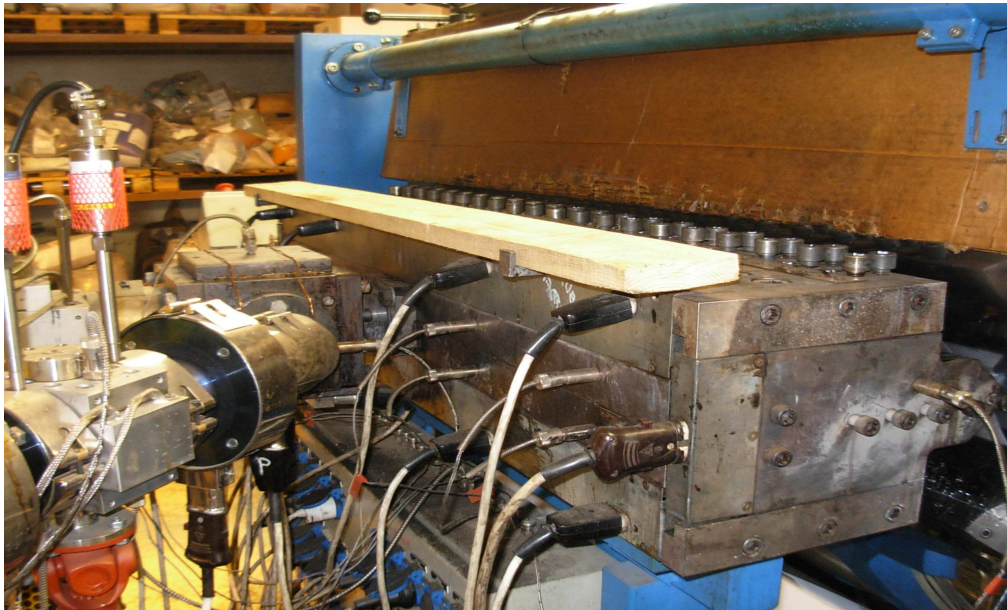
Obr. 7 Vytlačovací šneky [7]

Dále je zpracovaný plast tlakem šneku vytlačován přes lamač do vytlačovací hlavy. Lamač je mechanická část – sítko, které je hydraulicky vkládané mezi ústí šneku a vytlačovací hlavu a jeho funkce spočívá v odstranění pevných částic nečistot, které by měly vliv na kvalitu vytlačované desky.

Mezi lamačem a vytlačovací hlavou bývá umístěno zubové čerpadlo, jehož otáčky jsou synchronizovány s otáčkami šneku, a které zajišťuje plynulý tok materiálu bez pulzování do širokoštěrbinové vytlačovací (Obr. 8) hlavy.

Zde se materiál rozvádí pomocí kanálů do šíře celé štěrbiny. Tato hlava je vytápěna, teplota se volí podle zpracovávaného materiálu. Odpor toku a tedy množství hmoty na výstupu se řídí stavěcími šrouby. Nastavení probíhá na základě zkušeností, nebo simulačních programů. Materiál se musí rozlévat stejnoměrně, aby nedocházelo v některých místech ke hromadění, tím dochází ke zvyšování tlaku a tím i teploty a mohlo by dojít k přehřátí materiálu. „Nejčastější tvar širokoštěrbinových hlav je tvar „rybího ocasu“, který nemá mrtvé prostory, ale u kterého je problematické nastavení

při změně tokových vlastností plastu. Proto se pro vytlačování používají hlavy s tvářecí lištou. Tyto hlavy bývá velmi problematické přesně seřídit.“ [2] Proto se v praxi řízení tloušťky desky zjednodušuje tím, že na vytlačovací hlavě se nastaví univerzální šířka pomocí šroubů, která zůstane při přechodu výroby na jinou tloušťku desky zachována a samotná tloušťka vyráběné desky se řídí při následující operaci – válcování.



Obr. 8 Širokoštěrbinová vytlačovací hlava

Při válcování bývá ve výrobní lince nejčastěji válcovací tříválec (Obr.9). Tato část linky funguje tak, že materiál, který je vytlačován ze širokoštěrbinové vytlačovací hlavy, je veden mezi válce a zde získává definovanou tloušťku. Skládá se ze tří válců, které jsou temperovány. Povrch válců je přizpůsoben požadované kvalitě povrchu vyráběných desek (leštěný, chromovaný, dezénovaný, matovaný). Spodní a horní válec je vyhříván olejem a prostřední válec vodou, z důvodu pružnější reakce vody na odvod tepla, které na prostřední válec působí nejvíce. Teploty válců se nastavují s ohledem na materiál a tloušťku desky. Horní válec je ohříván na nejnižší teplotu, zde je materiál ještě ohřátý z extruderu, prostřední na vyšší a spodní na nejvyšší teplotu, protože je zde materiál již chladný, tak aby se deska neprohýbala do tvaru U a chladla až v rovinné chladicí části linky. Například

pro desky z PS tloušťky 2 mm používají ve firmě Agro Rubín teploty válců: horní 78°C, prostřední 90°C a spodní 118°C.



Obr. 9 Válcovací tříválec

Odtud je dál materiál veden na chladicí dráhu, kde se ochlazuje na teplotu pod 60°C a získává pevný tvar kontinuální desky, který je odtahován dvouválcem, který je umístěn na konci linky před dělícím zařízením.

Jako další část linky je ořezávací zařízení (Obr. 10). Toto zařízení zbavuje okraje desek, kde je nerovnoměrné množství materiálu, které vzniklo přebytkem nebo nedostatkem materiálu na krajích vytlačovací hlavy. Jak již bylo výše uvedeno, z odstraněných okrajů se nožovými mlýny, které jsou rychloběžné a pomaloběžné v závislosti na požadovaném výkonu, vyrábí drť. Ta se může vrátit zpět do násypky. Tyto odřezky tvoří 10% materiálu. Tímto dosahujeme minimálního odpadu.



Obr. 10 Ořezávací část linky

Dále mohou být v lince umístěna další doplňková zařízení. Jedná se např. o potisk desek, nanášení krycí folie a další speciální operace. Ta jsou zapojována do linky dle požadavků a potřeb zákazníka.

V další části linky je potřeba kontinuální desku rozdělit na požadovaný rozměr, proto se zde nachází dělicí zařízení. Dělicí zařízení může být nůžkové, nebo pilové. Nejčastěji se používají hydraulické nůžky (Obr. 11).



Obr. 11 Hydraulické nůžky

Nůžky mají navíjecí rameno (Obr. 12), které zajišťuje, aby kontinuální chod linky nebyl přerušen při stříhu. To spočívá v tom, že rameno zatlačí na pás desky, vytvoří se průhyb, a to vede k zastavení desky mezi čelistmi nůžek. Následně dojde ke stříhu, aniž by byl předchozí kontinuální chod přerušen.



Obr. 12 Navíjecí rameno

Je třeba správně zvolit technologii dělení s ohledem na vlastnosti materiálu. Hydraulické nůžky mají tu nevýhodu, že když je materiál hodně křehký, může docházet k prasknutí desky. V tomto případě se dají použít pily, které mají však nevýhodu tvorby třísky, která se špatně odvádí a zanáší nečistoty do výroby. Protože desky se skladují na sebe, přítomnost zbytků třísky mezi vrstvami je nevhodná a může dojít až k znehodnocení kvality povrchu desky.

Odtud vyházejí dělené desky již požadované velikosti. Ty jsou po válečkovém dopravníku přepravovány na místo uskladnění. To bývá většinou do palet, záleží na rozměru desky. Z dopravníku mohou být desky odebírány více způsoby. Nejjednodušší způsob spočívá v tom, že dopravník je v určité výšce nad zemí, pod ním je umístěna paleta, na kterou po otevření vrátek dopravníku dopadají desky. Tento způsob není vhodný pro desky menší

tloušťky, protože tenká deska se vlastní vahou prohýbá a při dopadu dochází k nepřesnému umístění na paletě. Desky dopadají na paletu do určité výše, pak je nutné, aby pracovník nebo automat paletu vyměnil za prázdnou a proces mohl pokračovat bez přerušení. Dalším způsobem odebrání desek je robotická ruka s přísavkami, jejíž realizace je ovšem nákladnější.

3.1.1 Příklad použití technologie vytlačování: [5]

„Firma IMG Bohemia s.r.o se mimo jiné zabývá výrobou desek z PE-HD vytlačováním. Desky z vysokohustotního polyetylenu jsou určeny pro konstrukční aplikace. Lze je použít na vyložení různých záchytných jímek, nádob apod. Také na výrobu samonosných nádrží, zásobníků, septiků a jiných konstrukcí. Výrobky z těchto desek se osvědčily i v agresivních prostředích. Vysoká tažnost materiálu umožňuje vakuové tvarování desek. Mohou být barveny a v případě požadavku na delší životnost při venkovní aplikaci se musí desky PE-HD stabilizovat proti vlivům UV záření. Základní barevné provedení je černé.“ [5]

Ceník vytlačovaných desek z materiálu PE-HD (Tab. 2) vyráběných firmou IMG Bohemia s.r.o, platný pro leden 2009 až březen 2010.

Tab. 2 Ceník vytlačovaných desek z materiálu PE-HD [5]

| Rozměr desky | Barva | Hmotnost (kg) | Počet ks / pal | Cena za ks (Kč) |
|--------------------|-------|--------------------|-------------------|----------------------|
| 3 x 3000 x 1500mm | černá | 12,96 | 100 | 700 |
| 3 x 4000 x 1500mm | černá | 17,28 | 60 | 933 |
| 4 x 3000 x 1500mm | černá | 17,28 | 70 | 933 |
| 4 x 4000 x 1500mm | černá | 23,04 | 45 | 1 244 |
| 5 x 3000 x 1500mm | černá | 21,60 | 60 | 1 166 |
| 5 x 4000 x 1500mm | černá | 28,80 | 40 | 1 555 |
| 6 x 3000 x 1500mm | černá | 25,92 | 50 | 1 400 |
| 6 x 4000 x 1500mm | černá | 34,56 | 35 | 1 866 |
| 8 x 3000 x 1500mm | černá | 34,56 | 35 | 1 866 |
| 8 x 4000 x 1500mm | černá | 46,08 | 25 | 2 488 |
| 10 x 3000 x 1500mm | černá | 43,20 | 30 | 2 333 |
| 10 x 4000 x 1500mm | černá | 57,60 | 20 | 3 110 |
| 10 x 3000 x 2000mm | černá | 57,60 | 30 | 3 110 |
| 10 x 4000 x 2000mm | černá | 76,80 | 15 | 4 147 |
| 12 x 3000 x 1500mm | černá | 51,84 | 30 | 2 799 |
| 12 x 4000 x 1500mm | černá | 69,12 | 15 | 3 732 |
| 12 x 3000 x 2000mm | černá | 69,12 | 20 | 3 732 |
| 12 x 4000 x 2000mm | černá | 92,16 | 13 | 4 977 |
| 15 x 3000 x 1500mm | černá | 64,80 | 20 | 3 499 |
| 15 x 4000 x 1500mm | černá | 86,40 | 15 | 4 666 |
| 15 x 3000 x 2000mm | černá | 86,40 | 15 | 4 666 |
| 15 x 4000 x 2000mm | černá | 115,20 | 10 | 6 221 |
| 20 x 3000 x 1500mm | černá | 86,40 | 15 | 4 666 |
| 20 x 4000 x 1500mm | černá | 115,20 | 10 | 6 221 |

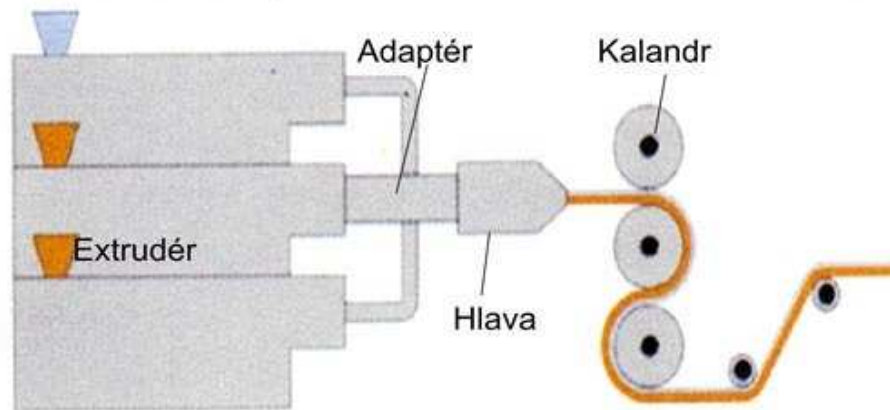
3.1.2 Technologie koextruze [9], [13], [16]

Velký podíl na zvyšování spotřeby plastů měl rozvoj koextruzních technologií. Pro výrobu vícevrstvých desek se používá technologie zvaná koextruze. Jsou to desky vytvořené z několika vrstev plastů, což umožňuje výhodněji kombinovat jejich vlastnosti. Princip je stejný jako u klasického vytlačování, akorát probíhá současně vytlačováním několika polymerů širokoštěrbínovou vytlačovací hlavou, která je zásobována několika samostatnými extrudery. Počet extruderů se rovná počtu vytlačovaných vrstev.



Obr. 13 Koextruzní vytlačovací linky [9]

V řadě oddělených extrudérů se taví jednotlivé plasty, které jsou v jediném procesu hlavou vytlačovány a jednotlivé vrstvy jsou tak za tepla pevně spojeny. Vzniká vícevrstvá struktura, kde každá vrstva vnáší do konečného výrobku svou charakteristickou vlastnost, jako např. pevnost, chemickou nebo tepelnou odolnost, nepropustnost vůči některým látkám, jejichž kombinaci není možné zajistit u žádného jednotlivého polymeru. Dalším důvodem pro koextruzi může být také cena konečného výrobku, pokud svrchní a spodní vrstva je vyrobena z materiálu s výjimečnou vlastností (například požadovaný vzhled) a mezivrstva (jádro) je z lacinějšího materiálu, případně z recyklátu.



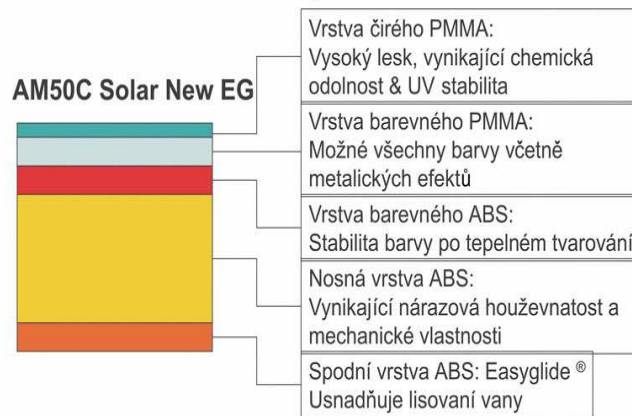
Obr. 14 Schematická ukázka koextruze [16]

Teoreticky existuje málo termoplastů vhodných pro koextruzi. Podmínkou je, aby použité materiály měly přibližně stejnou tekutost. Například polykarbonát se zpracovává při teplotě kolem 220 °C, a proto nemůže být tedy koextrudován s PVC, který má zpracovatelskou teplotou kolem 160 °C, protože by při styku s roztaveným polykarbonátem docházelo k degradaci.

Příklad použití technologie koextruze:

Poměrně novou aplikací pro materiál ABS je výroba desek pro vakuové lisování van, vaniček a panelů k vanám. Používají se koextrudované desky z ABS a PMMA, které jsou tvořeny více vrstvami (Obr. 15). Svrchní vrstva akrylátu (PMMA) zajišťuje dokonale hladký a lesklý povrch, odolnost proti oděru a stálobarevnost. ABS vnáší do desky nárazovou odolnost a také pevnost, vylisované skořepiny van pak vyžadují oproti vanám z čistého PMMA jen minimální vyztužení.

Použitím koextrudovaných plastů byla rázem vyřešena řada technologických problémů, bylo možno vyrábět fólie, desky se specifickými chemicko-fyzikálními a estetickými vlastnostmi přesně podle požadavků zákazníka.



Obr. 15 Vícevrstvá struktura [16]

3.1.3 Výhody desek vyráběných vytlačováním

- velikost desek je prakticky omezena pouze šířkou (nekonečné pásy)
- vytlačované desky nejsou drahé
- odpad při výrobě je dále lehce zpracovatelný

3.1.4 Nevýhody desek vyráběných vytlačováním

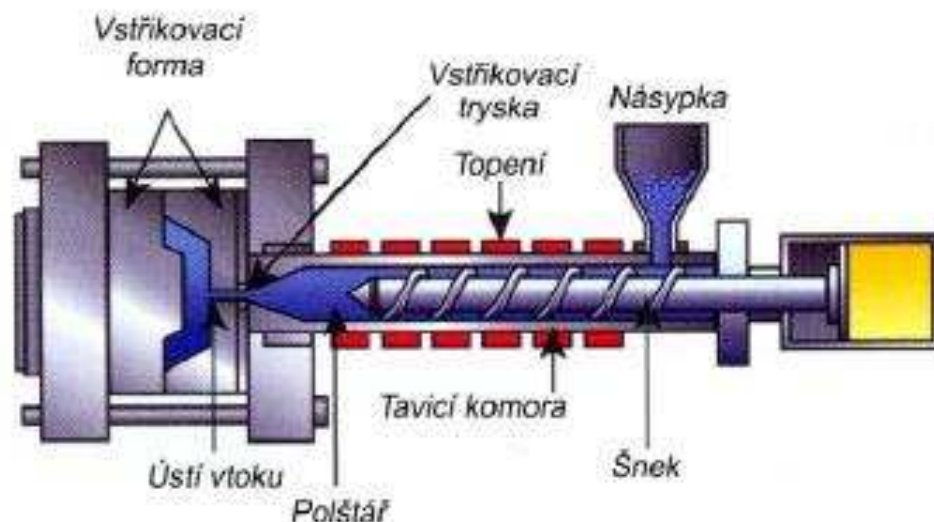
- výroba pouze menší tloušťky desek
- větší vnitřní pnutí

3.2 Technologie vstřikování: [2], [9], [10]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny - kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek požadovaného tvaru, který se nazývá výstřik. Toto je realizováno pomocí vstřikovacího stroje.

Základní části vstřikovacího stroje jsou:

- plnící zařízení granulátu do stroje
- plastizační a vstřikovací jednotka (Obr. 16), ve které jsou připravovány optimální vlastnosti plastů a následně vstříknuty do formy
- forma, ve které hmota tuhne a zaujímá požadovanou trojrozměrnou podobu
- uzavírací zařízení, které udržuje části formy pohromadě po dobu vstřikování
- řídicí jednotka kontroly vstřikování



Obr. 16 Schéma šnekového vstřikovacího stroje [2]

Postup vstřikování:

Plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje, která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a ohřevu plast „taje“ a vzniká tavenina.

Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, která je temperována na určitou teplotu a kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze, takzvaný dotlak, který se používá pro snížení smrštění a rozměrových změn výstřiku. Plast předává formě teplo, tím se ochlazuje a následně ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře, výstřik je vyhozen a celý cyklus se opakuje.

Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy.

Rozdělení výrobního cyklu:

1. uzavírání formy a vyvolání uzavírací síly
2. příjezd vstřikovací jednotky k formě a vyvolání přtlaku
3. vstřikování
4. přepnutí ze vstřikovacího tlaku na dotlak
5. dotlaková fáze
6. fáze chlazení výstřiku ve formě a plastifikace nové dávky
7. odjezd vstřikovací jednotky od formy
8. otevření formy
9. vyjmutí výstřiku z formy

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne. Na přisouvání formy se musí vynaložit menší přisouvací síla, kdežto na uzamykání značně vyšší uzavírací síla, neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se, a tím plní funkci pístu. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena, proběhne dotlak, a tím tlak dosáhne maximální hodnoty.

Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, okamžitě začne předávat teplo vstřikovací formě, a tím chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. Doba chlazení je závislá na teplotě formy a tloušťce stěny

výrobku. Během chladnutí se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem, aby se na výstřiku netvořily vady jako propadliny a staženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy – dotlak. Dotlak může být po celou dobu stejně vysoký jako maximální tlak, nebo se může po několika sekundách snížit a další chladnutí probíhá při sníženém tlaku. Abychom mohli dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem nataveného plastu, takzvaný polštář, na který bude šnek působit svým čelem. Tento objem nesmí být moc velký, jinak by mohlo docházet k tepelné degradaci nataveného plastu.

Po dotlaku začíná takzvaná plastikace nové dávky plastu. Šnek se otáčí pod násypkou a nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Současně se axiálně pohybuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak neboli zpětný tlak. Výška protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a tím i kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Příliš vysoký protitlak by mohl způsobit až degradaci plastu, což je nepříjemné. Ohřev plastu během plastikace vzniká jednak převodem tepla ze stěn vytápěné komory, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Jestliže je tavicí komora opatřena samo uzavíratelnou tryskou, může plastikace probíhat i při otevřené formě, což zkracuje strojní časy. Dále může a nebo nemusí následovat odsunutí tavicí komory od formy. Během pokračujícího chlazení tlak ve formě klesá až na hodnotu zbytkového tlaku. Při tomto tlaku se forma otevře. Příliš vysoký zbytkový tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřicích, které u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskání výstřiku. Po dokonalém zchlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí ven.

Příklad výrobních parametrů výstřiku tvaru desky o tloušťce 3 mm vyráběné z amorfního ABS a částečně krystalického POM (Tab. 3)

Tab. 3 Výrobní parametry vstřikování [10]

| materiál | ABS | POM |
|--------------------|------------|------------|
| teplota taveniny | 240 °C | 210 °C |
| teplota formy | 50°C | 100°C |
| teplota vyhazování | 100°C | 130°C |
| doba ochlazování | 18 s | 28,3 s |

Jakost výrobku

Je závislá na všech faktorech, které do vstřikovacího cyklu zasahují a to jsou:

- vstřikovaný materiál (jeho typ, složení, aditiva atd.)
- vstřikovací stroj
- tvar výrobku a způsob jeho zaformování
- použitá periferní zařízení (sušení, doprava a dávkování materiálu, manipulace s výstřikem, temperance formy, atd.)
- konstrukce a výroba formy
- technologické parametry vstřikování (teplota a tlak)

Hlavní vliv na kvalitu má konstrukce výstřiku a z ní plynoucí konstrukce vstřikovací formy. Je-li konstrukce výstřiku chybná, že neodpovídá technologičnosti konstrukce výstřiku z termoplastů, nebo je chybná konstrukce formy, tj. malá tuhost, nevhodný způsob plnění tvarové dutiny, špatně navržený temperační systém atd., sebekvalitnější materiál nebo nastavení technologických parametrů vstřikovacího stroje závadu způsobující nekvalitní výstřiky, těžko odstraní.

Dalším důležitým faktorem pro jakost je příprava granulátu, neboli jeho obsah vlhkosti před vstřikováním. Například polyamidy jsou hodně navlhavé materiály. Obsah vody v polyamidech významně ovlivňuje vlastnosti výstřiků. Při vstřikování by měl být obsah vlhkosti v granulátu pod 0,2%. Navlhavost je vratný proces, vysušený materiál po vystříknutí opět navlhá, což má za následek, že se snižuje tuhost a pevnost výstřiku, dochází k rozměrovým změnám, zvětšuje se a zvyšuje se houževnatost. Doba sušení před vstřikováním závisí na vstupní vlhkosti granulátů. Dlouhá doba sušení se může projevit termooxidací granulátu, tj. jeho žloutnutím v přírodním provedení, nebo změnou barevného odstínu u barevných materiálů. Někteří výrobci dodávají polyamid již vysušený (zpravidla pod 0,1% obsahu vody), v hermeticky uzavřených obalech. Pokud je obsah pytle zpracován najednou, není potřeba jeho sušení. Pokud zbude materiál, je nutné jej sušit. Skutečný obsah vody závisí na relativní vlhkosti a teplotě prostředí, kde je materiál uskladněn. Je nutné dát pozor na teplotní změny (změna rosného bodu) při přemístění granulátu z chladnějšího prostředí do teplejšího prostředí. Při

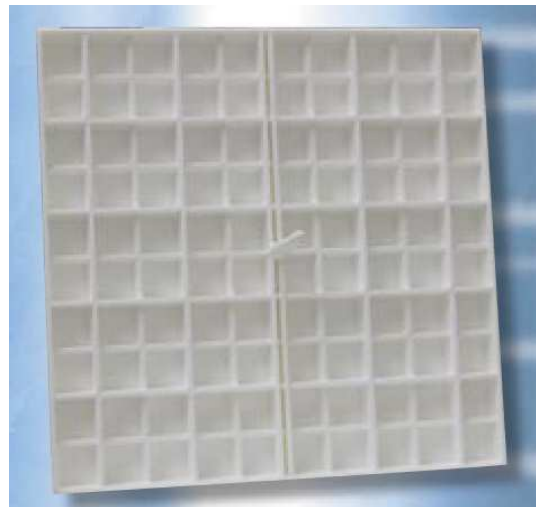
tomto přemístění dochází k vysrážení vlhkosti na povrchu granulátů, vzniká povrchová vlhkost, kterou je nutné před zpracováním odstranit.

Při vstřikování tvarově složitějších desek, např. desky s vyztužujícími žebry, může dojít k vadám výstřiku. To se děje vlivem smrštění v důsledku většího nahromadění vstřikované hmoty v místě vyztužujícího žebra a může dojít k propadlinám. Plasty mají tendenci se smršťovat, když se ochlazují a tuhnou.

Další nežádoucí jev je vnitřní pnutí, tzv. zbytkové napětí. Napětí ve výstřiku obvykle vzniká nerovnoměrným chlazením. Toto napětí může poté způsobit deformaci dílu nebo dokonce vnější popraskání. Tento případ nastává u desek menší tloušťky, které jsou vstřikovány bez nadouvadla. Desky větší tloušťky se vstřikují pomocí nadouvadla. To vede k úspoře materiálu a ke snížení vnitřního pnutí.

3.2.1 Příklad použití technologie vstřikování: [5]

Firma IMG Bohemia s.r.o se zabývá výrobou vstřikovaných stěnových prvků (Obr. 17), jejichž konstrukce je s výztužemi. Jedná se o tvarově složitější díl, proto je vhodné použít technologii vstřikování. Desky jsou určeny pro stavbu velkorozměrových nádrží a čističek vody. Stěny prvků jsou vyrobeny s úkosem pro jednodušší svařování. Základním materiálem pro výrobu je polypropylen.



Obr. 17 Stěnový prvek [5]

Ceník vstřikovaných stěnových prvků (Tab. 4) od firmy IMG Bohemia s.r.o, platný od 1. 1. 2008.

Tab. 4 Ceník vstřikovaných stěnových prvků

| Výrobek | Barva | Hmotnost [kg] | Počet ks/pal | Cena/ks [CZK] |
|----------------------------|-------|---------------|--------------|---------------|
| Stěnový prvek 1000x1000x80 | natur | 21,00 | 15 | 1400,00 |
| Stěnový prvek 1200x600x80 | natur | 15,50 | 30 | 1170,00 |
| Stěnový prvek 1200x800x80 | natur | 20,50 | 15 | 1505,00 |
| Stěnový prvek 1200x1200x80 | natur | 30,00 | 15 | 2080,00 |

3.2.2 Výhody výroby desek vstřikováním:

- výroba tvarově složitějších desek, bez nutnosti dalšího zpracování
- schopnost vyrábět součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a dobrou povrchovou úpravou

3.2.3 Nevýhody výroby desek vstřikováním:

- velké vnitřní pnutí u tenkých desek vyrobených bez nadouvadla
- velikost desky je omezena velikostí formy
- vysoké investiční náklady na výrobu forem
- dlouhé doby nutné pro výrobu forem
- potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem

3.3 Technologie lisování: [2], [7], [9]

Technologie lisování termoplastů se využívá v menším množství, více se lisují reaktoplasty a kaučuky. Výroba desek z termoplastů lisováním se používá pro menší série, protože je značně neekonomická, jelikož v průběhu lisování termoplastů dochází k střídavému ohřívání a ochlazování formy. Avšak některé termoplasty jsou obtížně zpracovatelné jinými technologiemi např. PTFE, proto se využívá lisování, nebo tam, kde požadujeme specifické vlastnosti desky vyrobené touto technologií.

Obecně se lisováním rozumí způsob tváření plastů ve vytápěné ocelové formě, přičemž se na materiál působí tlakem, aby se dosáhlo požadovaného tvaru.

Lisovací cyklus pro termoplasty:

- úprava formy (očistění)
- plnění formy
- uzavření formy
- prohřev
- zalisování
- chlazení
- otevření formy
- vyjmutí vylisku

Průběh lisovacího cyklu:

Dutina tvárnice se naplní odměřeným množstvím lisovaného plastu ve formě prášku, granulátu nebo drti, záleží na zpracovávaném plastu. Pro automatické dávkování sypkých lisovacích hmot se používá různých systémů. Například plastifikační agregáty se sekacím dávkovacím zařízením. Výhodou plastifikačních agregátů je jejich použitelnost pro většinu standardních lisů. Předplastifikace umožňuje zkrátit lisovací cyklus až třikrát. Pro poloautomatické dávkování sypkých hmot se používá objemového plnění pomocí dávkovací šablony. Tato dávkovací zařízení se mohou také předehtřívát. Nadávkovaná hmota se ohřívá v důsledku styku materiálu se stěnami formy a tím přechází do plastického stavu. Tlakem vyvozeným

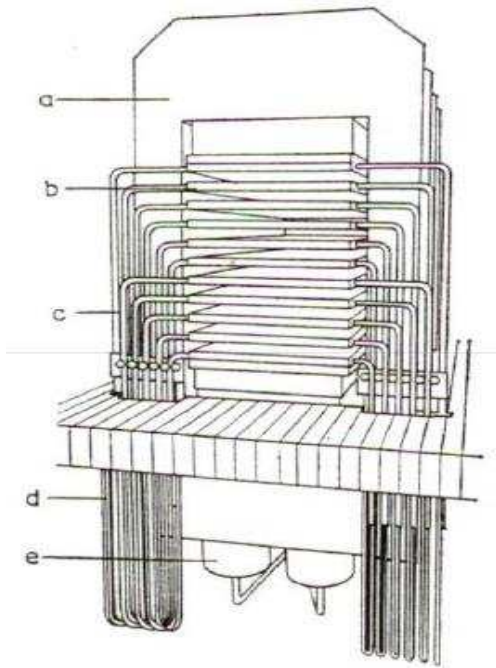
tvárníkem horního dílu formy a při jejím uzavírání, dochází k plastifikaci hmoty a tím k vyplnění celé tvarové dutiny. Po zalisování a následném chlazení do tuhého stavu, což je pod teplotu tání materiálu. Tímto se zafixuje tvar hmoty a forma se otevře, výlisek se vysune a vyjme z lisu. Forma se očistí stlačeným vzduchem, aby zde nezůstaly zbytky hmoty. Pak se do dutiny vloží nová dávka materiálu a celý cyklus se znovu opakuje.

Přesnost výlisku záleží na těchto faktorech:

- druh lisovaného plastu (homogenita směsi, tekutost, obsah a tvar částic plniva, vlhkost)
- předběžná úprava plastu (přesoušení, předehřev)
- konstrukce výrobku (tvar, velikost)
- konstrukce formy (přesnost výroby)
- materiál formy
- druh použitého lisu
- vnitřní pnutí materiálu
- podmínky tváření (dávkování, teplota, tlak a chlazení)

Lisovací stroje:

Lisy jsou tvářecí stroje, které pracují převážně tlakem beranu na tvářenou hmotu. Mohou mít automatický nebo poloautomatický chod. Pro zabezpečení automatického chodu se lisy vybavují elektrickým a hydraulickým a regulačním systémem. Hlavním parametrem lisu je lisovací síla. Lis se skládá ze stojanu, ve kterém je upevněn nepohyblivý stůl, proti stolu působí beran, ten se pohybuje vlivem lisovací síly. U většiny lisů působí lisovací síla vertikálně. Na stůl a na beran se upíná spodní a horní díl formy, neboli tvárnice a tvárník. Pro lisování desek se používají převážně hydraulické etážové lisy (Obr 18). Používají se pro výrobu plochých výlisků, hlavně desek z termoplastů. Bývají dolnotlaké. Namísto dvou topných desek se umísťují do lisovacího prostoru další topné desky (etáže), mezi které se vkládají ploché formy. Pro lisování velkých výlisků se používá více hydraulických válců. Vytápění topných desek probíhá tlakovou vodou, nebo olejem.



Obr. 18 Etážový lis, a – rámový stojan, b – lisovací desky, c – trubky pro přívod chladícího a topného média, d – hadice pro přívod chladícího a topného média, e – lisovací válce [7]

3.3.1 Příklady použití lisování

Technologie lisování desek z recyklovaných nápojových obalů

Tato technologie slouží pro výrobu desek z recyklovaného PET materiálu, který získáme z použitých nápojových obalů. A to tím způsobem, že z roztříděných a očištěných PET lahví se připraví drť, která se vkládá do dutiny tvárnice (Obr. 19) a následně se lisuje (Obr. 20) do konečného tvaru desek.



Obr. 19 Plnění drť [20]



Obr. 20 Lisování [20]

Lisované desky z materiálu UHMW – PE [30]

Materiál UHMW – PE je zkratka pro „Ultra High Molecular Weight Polyethylene“, což znamená „Ultra vysoká molekulární hmotnost polyethylenu“. Tento materiál vyniká svými vlastnostmi, jako je vynikající odolnost proti opotřebení, velmi vysoká houževnatost, dobrá chemická odolnost a dobré vlastnosti při nízkých teplotách.

Proto se používá jako ideální materiál pro obložení v silech, bunkrech, skluzavkách, všude tam, kde se přepravují sypké hmoty, jako např. automobilové návěsy, železniční vagóny, dopravníky a atd.

Jako cenová ukázka lisovaných desek je zde tabulka (Tab. 5) - ceník od firmy Gascontrol plast a.s., platný od 18. 2. 2008 od výrobce Roechling s.r.o.

Tab. 5 Ceník firmy Gascontrol plast a.s.

| Polystone®desky lisované | | | | | | |
|--------------------------|--|---|--|--|---|--|
| <i>Tloušťka v mm</i> | <i>Polystone M natur Kč/kg</i> | <i>Polystone M zelená Kč/kg</i> | <i>Polystone M černá Kč/kg</i> | <i>Polystone MR zelená Kč/kg</i> | <i>Polystone MR černá Kč/kg</i> | <i>Polystone D natur Kč/kg</i> |
| 10 | 206,50 | 212,50 | 212,50 | 152,00 | 146,00 | 162,00 |
| 12 | 206,50 | 212,50 | 212,50 | 152,00 | 146,00 | 162,00 |
| 15 | 180,00 | 186,50 | 186,50 | 129,50 | 123,50 | 137,50 |
| 20 - 60 | 162,00 | 170,00 | 170,00 | 115,50 | 109,50 | 115,50 |
| 65 - 85 | 166,00 | 172,00 | 172,00 | 117,50 | 117,50 | 127,50 |
| 90 - 100 | 166,00 | 172,00 | 172,00 | 117,50 | 117,50 | 127,50 |

Požadované rozměry po dohodě s výrobcem.

Polystone je obchodní označení:

- Polystone® M - polyethylen 1000 (PE-UHMW)
- Polystone® MR - regranulát polyethylen 1000 (PE-UHMW)
- Polystone® D - polyethylen 500 (PEHMW)

3.3.2 Výhody desek vyráběných lisováním

- lisování umožňuje při dodržení přesného dávkování a dobré konstrukci formy maximální využití lisované hmoty
- vnitřní pnutí ve výliscích je minimální, protože hmota je při lisování vystavena pouze krátkému a mnohsměrnému toku
- formy určené pro lisování jsou většinou levnější než formy pro vstřikování
- velikost výlisku je teoreticky omezena pouze lisovací silou stroje

3.3.3 Nevýhody desek vyráběných lisováním

- dlouhá doba lisovacího cyklu
- malá produktivita práce

3.4 Technologie odlévání plastů [7], [19], [22]

Odléváním se zpracovávají některé druhy termoplastů např. PMMA, PA, PVC.

Hlavní přednost odlévání spočívá v tom, že probíhá bez tlaku, a proto mohou být formy jednoduché konstrukce a z málo pevných materiálů, tudíž vznikají nižší náklady na výrobu formy. Desky vyrobené touto technologií mají minimální vnitřní pnutí. Touto technologií se dají vyrobit desky větších tloušťek.

Z technologického hlediska se odlévání dělí na:

- přímé (statické), při němž se forma nepohybuje,
 - odstředivé (rotační), při kterém forma rotuje podle jedné, nebo více os
- V případě výroby desek se používá přímého odlévání.

Při odlévání se využívá principu takzvané blokové polymerace.

3.4.1 Bloková polymerace

Obecně polymerace v bloku je proces, při kterém se ničím neřaděný monomer polymeruje v celém objemu, iniciován buď teplem nebo přídavkem malého množství iniciátoru. Tím dochází s rostoucí konverzí (proměnou) k růstu viskozity roztoku až ke stavu gelu a nakonec k pevnému polymeru. Provádí se ve formách, které mají budoucí tvar výrobku. Při konverzi okolo 25% k tzv. gel-efektu, který je u některých monomerů velmi výrazný a značně ztěžuje techniku polymerace, protože polymerační teplo (teplo vzniklé při ději) při větší tloušťce materiálu nelze dostatečně rychle odvádět a teplota překročí bod varu monomeru. Výsledkem je zpěněný produkt, který překypuje z polymerační nádoby. Proto je třeba dobrého chlazení stěn nádoby a přesné dodržování teploty a zadané koncentrace látek.

3.4.2 Příklad použití technologie odlévání

Technologie odlévání PMMA:

Polymethyl methacrylat (PMMA) patří k důležitým průmyslově vyráběným plastům. Jako jednou z technologií se připravuje polymerací v bloku. Polymethyl methacrylat se prodává pod řadou názvů (Perspex,

Umaplex, Plexiglas, Acron, Acrylon). Slouží pro výrobu tzv. organického skla a různých výrobků pro domácí a technickou potřebu.



Obr. 21 Odlévaný PMMA [21]

Výroba

Předpolymer methylnmethacrylatu polymeruje vlivem iniciátoru a tepla mezi dvěma paralelně uloženými silikátovými skly, jejichž vzdálenost je vymezena profilem z PVC. Okrajové těsnění musí být stlačitelné, aby desky mohly sledovat smrštění při polymeraci. Formy se vloží do stojanů, naplní se předpolymerem a pak se umístí do temperačních prostorů, kde se zvýšením teploty zahájí polymerace. Zde proudící vzduch, nebo voda zajišťují odvádění polymeračního tepla (tepla vzniklého reakcí). Polymerační teplota se pohybuje v rozmezí 30 - 130 °C, polymerační doba se řídí teplotou a tloušťkou desek (např. při výrobě desek o tloušťce 5 mm je doba 9 hodin a teplota 40 °C, při 4 hodinách se zvyšuje ze 40 na 100 °C).

V průmyslovém měřítku byla zavedena i kontinuální bloková polymerizace mezi nekonečnými ocelovými pásy (šířky 3 m a délky až 250 m) s flexibilním utěsněním okrajů, což značně zvyšuje produktivitu výroby. Pásy se pohybují po válcích řadou teplotních zón a mezi ně se dávkuje předpolymer. Povrch produktu závisí na úpravě ocelových pásů. Jejich kvalita jen výjimečně dosahuje kvality povrchu diskontinuálně vyráběných desek.

Využití

Blokový PMMA je relativně drahý, a proto jeho využití je na místě tam, kde se uplatní jen jeho přednosti: při zasklívání oken dopravních prostředků, při výrobě krytů přístrojů, při aplikacích, kde není možné použít sklo a je požadováno maximální průhlednosti.

Například tuzemská firma ZENIT spol. s.r.o. vyrábí desky z PMMA odléváním pod obchodním označením Plexiglas GS.

Tab. 6 Porovnání ceny litého a extrudovaného plexiskla od firmy ZENIT s.r.o, ke dni 6.4.2010, kde standardní rozměry jsou pro: Plexiglas XT 2050 x 3050 mm a Plexiglas GS 2030 x 3050 mm.

| Tloušťka (mm) | Plexiglas® XT EXTRUDOVANÝ | | | | | | Plexiglas® GS LITÝ | | | | | |
|------------------|------------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|-----------------------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | Čirý | | Opál | | Barevný | | Čirý | | Opál | | Barevný | |
| | bez DPH | s DPH | bez DPH | s DPH | bez DPH | s DPH | bez DPH | s DPH | bez DPH | s DPH | bez DPH | s DPH |
| 1,5 | 388 | 466 | | | | | | | | | | |
| 2 | 388 | 466 | 407 | 489 | 485 | 582 | 637 | 765 | 669 | 803 | | |
| 2,5 | 485 | 582 | | | | | | | | | | |
| 3 | 554 | 665 | 582 | 699 | 693 | 832 | 757 | 909 | 795 | 954 | 946 | 1 136 |
| 4 | 739 | 887 | 776 | 932 | 924 | 1 109 | 986 | 1 184 | 1 035 | 1 242 | 1 233 | 1 480 |
| 5 | 924 | 1 109 | 970 | 1 164 | 1 155 | 1 386 | 1 203 | 1 444 | 1 263 | 1 516 | 1 504 | 1 805 |
| 6 | 1 109 | 1 331 | | | | | 1 443 | 1 732 | 1 515 | 1 818 | 1 732 | 2 079 |
| 8 | 1 478 | 1 774 | | | 1 774 | 2 129 | 1 924 | 2 309 | 2 020 | 2 424 | 2 309 | 2 771 |
| 10 | 1 848 | 2 218 | | | | | 2 405 | 2 886 | 2 525 | 3 030 | 2 886 | 3 464 |
| 12 | 2 217 | 2 661 | | | | | 2 886 | 3 464 | | | 3 463 | 4 156 |
| 15 | 3 187 | 3 825 | | | | | 3 698 | 4 438 | | | 4 438 | 5 326 |
| 20 | 4 249 | 5 099 | | | | | 5 051 | 6 062 | | | 6 061 | 7 274 |
| 25 | 5 542 | 6 651 | | | | | 6 464 | 7 757 | | | | |

3.4.3 Výhody odlévaných desek

- možnost výroby velkých formátů a tvarových odlitků
- možnost výroby větší tloušťky desky
- minimální vnitřní pnutí
- vysoká kvalita povrchu

3.4.4 Nevýhody odlévaných desek

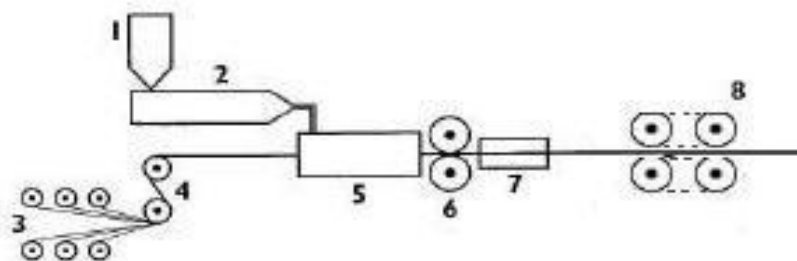
- extrudované desky mají oproti litým deskám lepší tloušťkovou toleranci
- odlévané desky jsou dražší než extrudované

3.5 Technologie pultruze [25], [26], [27], [28]

Pultruze je technologie pro výrobu kontinuální desek z kompozitních materiálů (Anglický název *pultrusion* je odvozen z pull = táhnout a extrusion = protlačení). Jedná se o automatizovaný výrobní proces. Touto technologií lze tvářet různé profily. V tomto případě kompozitní desky, což jsou obecně vzato desky ze dvou, nebo více substancí s rozdílnými vlastnostmi, které dohromady dávají výslednému výrobku nové vlastnosti, jaké nemá sama o sobě ani jedna z jeho součástí. Základ desky tvoří vyztužující vlákna a pojivo. Tato technologie bývá nejčastěji používána s pojivem z reaktoplastických materiálů, avšak při jiné konstrukci linky se využívá i termoplastických materiálů. Termoplastické materiály se používají méně, tam kde se dají využít jejich přednosti, například požadujeme-li větší houževnatost nebo chemickou odolnost výrobku. Tato technologie patří mezi neproduktivnější v oblasti výroby kompozitních desek. Je několik různých variant pultruzních linek, které se používají v závislosti na zpracovávaném materiálu a požadované skladbě výrobku.

Pultruzní výrobní linka pro pojiva z termoplastických materiálů: (Obr. 22)

Na začátku výrobní linky jsou vyztužující vlákna ve formě rovingu (svazek vláken navinutých na cívce), plošných rohoží (navinutých na cívce) nebo jejich kombinace (Obr. 23), které jsou taženy skrz celou výrobní linku.



Obr. 22 Schéma pultruzní linky, 1 - násypka, 2 – vytlačovací stroj, 3 – vyztužující vlákna, 4 – srovnávač, 5 – vytlačovací hlava, 6 – tvarovací zařízení, 7 – chladicí zařízení, 8 – odtahovací zařízení



Obr. 23 Vyztužující vlákna v rovingu a rohoži [27]

Tato vlákna vstupují jako první do srovnávače, jehož funkcí je rovnoměrné rozmístění vyztužovacích vláken v průřezu a správné umístění rohoží. V dalším zařízení vlákna a rohože vstupují do vytlačovací hlavy, procházejí skrz. Zde je na ně nanášena vytlačovacím strojem směs polymeru, plniva, barviva, katalyzátoru, popř. dalších přísad pro zlepšení materiálových vlastností výsledného profilu. Od tohoto bodu se technologie podobá vytlačování. Kontinuální pás je tvarován, dále prochází přes chladicí a odtahovací zařízení, po kterém následuje dělení na požadovaný rozměr.

Tvary a rozměry kompozitních profilů vyrobených pultruzní technologií jsou závislé na stroji a jeho příslušenství. Souvisí to s jeho mohutností, tj. velikostí tažné síly a na možnostech jeho ovládání, tj. změně rychlosti tažení, regulace teploty. Na standardních strojích se dosáhne šířky od 500 do 1000 mm. Maximální tloušťka stěn závisí na možnostech prohřátí materiálu, pohybuje se kolem 50 mm.

Výhody technologie pultruze:

- strukturální vlastnosti kompozitu mohou být velmi dobré, protože profily mají velice rovně rozloženy vyztužující vlákna
- výborné mechanické vlastnosti oproti nevyztuženým deskám
- nejnižší náklady na výrobu z kompozitních materiálů



Nevýhody technologie pultruze:

- náklady na vyhřívání vytlačovací hlavy mohou být vysoké
- povrchová úprava není hladká, v důsledku na povrch vystupujících vláken
- vyšší cena technologie

4. Porovnání technologií:

Na základě předchozích textů se dá shrnout porovnání technologií výroby desek do několika kategorií, které rozhodují o vhodnosti zvolené technologie pro výrobu.

A to z hlediska:

- mechanických vlastností
- ekonomického
- použitelnosti
- výrobních rozměrů

4.1 Z hlediska mechanických vlastností desek:

Mechanické vlastnosti závisejí na použitém materiálu. Z hlediska technologie výroby desek však mechanické vlastnosti nejvíce ovlivňuje tzv. „vnitřní pnutí“, které vzniká většinou v důsledku nerovnoměrného chladnutí desky.

Z výše uvedených technologií je vnitřní pnutí největší při vstřikování tenkých desek bez nadouvadla. To je důsledkem nerovnoměrného toku materiálu do formy (ovlivněno umístěním vstříků) a nerovnoměrným chladnutím desky. Vnitřní pnutí může po zchladnutí vyrobeného dílu zapříčinit jeho deformaci nebo vést až k prasknutí. Výrazně zhoršuje mechanické vlastnosti vyrobené desky.

Desky vyrobené technologií pultruze mají v důsledku použití vyztužujících vláken zcela jiné, lepší mechanické vlastnosti.

4.2 Z finančního hlediska:

Z tohoto hlediska má na konečnou cenu desek vliv mnoho faktorů. Samozřejmě se jedná o použitý materiál, ale hlavně jde o cenu výrobních strojů a všech periferních zařízení, která s každou technologií souvisejí. Například u vstřikování je nákladná investice do vstřikovací formy a stroje, ale při velkém objemu výroby se cena konečného dílu zlevňuje. Podobně je tomu u vytlačování, kde je velká investice do válcovací linky, ale díky možnosti nastavení linky na výrobu více rozměrů desek a vysoké produktivitě, jsou desky vyráběné touto technologií poměrně levné. Technologie lisování a odlévání se používají pro své specifické vlastnosti, ale

i jako řešení pro menší výrobní série, kde by byla realizace technologie válcování a vstřikování příliš nákladná.

4.3 Z hlediska použitelnosti druhů termoplastů:

Některé termoplasty nelze zpracovávat všemi technologiemi. Například PTFE je nevhodný pro technologii vstřikování a proto se zpracovává většinou lisováním.

4.4 Z hlediska výrobních rozměrů:

Z hlediska výroby velkých rozměrů desek patří mezi nejvhodnější technologie lisování a odlévání. Těmi můžeme vyrobit velké desky větší tloušťky. Technologií válcování můžeme vyrobit desku prakticky nekonečně dlouhou, avšak omezenou šířkou válcovací linky a menší tloušťky. Vstřikování je vhodné pro menší desky, protože vstřikovací forma je daleko větší než samotný výrobek.

Tab. 7 Zjednodušené porovnání výrobních technologií

| Technologie | Mechanické vlastnosti (z hlediska vnitřního pnutí) | Cena za výrobní technologii | Cena za vyrobenou desku | Použití druhů termoplastů | Rozměry vyráběných desek |
|-------------|--|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Vytlačování | - | - | + | + | + |
| Vstřikování | - | - | - | - | - |
| Lisování | + | + | - | + | + |
| Odlévání | + | + | - | + | + |

5. ZÁVĚR

V první části této práce byly rozebrány některé druhy termoplastů, které se hojně používají pro výrobu desek. Dále postupně rozebrány jednotlivé výrobní technologie desek z těchto a jiných materiálů. Hlavním cílem bylo porovnání technologií způsobů výroby. A to podrobným rozebráním každé technologie, příkladem použití, cenovým přehledem, shrnutím jejich výhod či nevýhod, které jsou rozebrány na konci kapitoly každé technologie a závěrečným porovnáním z hlediska mechanických vlastností desek, z hlediska finančního, z hlediska použitelnosti druhů termoplastů a z hlediska výrobních rozměrů. Jedná se o technologie vytlačování, vstřikování, lisování, odlévání a technologii pultruze. Pultruze je kapitolou sama o sobě, jelikož jde o výrobu desek z kompozitních materiálů, kde jsou mechanické vlastnosti vyrobené desky diametrálně odlišné od ostatních technologií.

Nelze jednoduše určit, která z těchto technologií je nejvýhodnější, každá z technologií má své specifické výhody či nevýhody. Při volbě technologie rozhoduje vždy velké množství faktorů, které tuto volbu ovlivňují. Volba pokaždé závisí mimo jiné na požadovaných vlastnostech, tvarové složitosti a rozměrech desky, použitém materiálu a velikosti vyráběné série.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] Agro - Rubín a.s., (podnikové zdroje)
- [2] LENFELD, P. Technologie II. Dostupné z WWW:
<ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp /index.htm >
- [3] www.mepla.cz (podnikové zdroje)
- [4] www.wersag.de
- [5] www.img-management.cz
- [6] www.reifenhauser-group.com
- [7] web.ft.utb.cz
- [8] www.hansanet.cz
- [9] KREBS, Josef. Teorie zpracování nekovových materiálů, TUL 2001.
ISBN 80-7083-449-8
- [10] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů, BEN 2009. ISBN 978-80-7300-250-3
- [11] VANĚK, Vladimír. Materiály a technologie I : Plasty. Ostrava 2005.
- [12] www.portaflex.cz
- [13] www.happymaterials.com
- [14] DUCHÁČEK, Vladimír. Polymery : výroba, vlastnosti, zpracování,
použití, Praha 2006. Dostupné z WWW: <vydavatelstvi.vscht.cz>.
- [15] www.thermomur.cz
- [16] www.imaterialy.cz
- [17] www.hv-robea.com
- [18] www.studio-k9.cz
- [19] www.alkamid.cz
- [20] www.strozatech.cz
- [21] www.marbex-plasty.sk
- [22] www.wikipedia.cz
- [23] plexisklo.eu
- [24] www.titan-multiplast.cz
- [25] compositetechnology.blogspot.com
- [26] www.prefa-kompozity.cz
- [27] www.mastercore.ca
- [28] www.freepatentsonline.com/EP1220748.html



- [29] www.barrel-screw-china.com
- [30] www.roechling.com
- [31] www.icmasg.it

Seznam obrázků:

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Tvary desek..... | 7 |
| Obr. 2 Vytlačovací linka..... | 16 |
| Obr. 3 Schéma vytlačovací linky..... | 16 |
| Obr. 4 Granulát ABS..... | 17 |
| Obr. 5 Evakuační (odplyňovací) zóna šneku..... | 18 |
| Obr. 6 Jednošnekový vytlačovací stroj..... | 19 |
| Obr. 7 Vytlačovací šneky..... | 20 |
| Obr. 8 Širokoštěrbinová vytlačovací hlava..... | 21 |
| Obr. 9 Válcovací tříválec..... | 22 |
| Obr. 10 Ořezávací část linky..... | 23 |
| Obr. 11 Hydraulické nůžky..... | 23 |
| Obr. 12 Navíjecí rameno..... | 24 |
| Obr. 13 Koextruzní vytlačovací linky..... | 26 |
| Obr. 14 Schématická ukázka koextruze..... | 27 |
| Obr. 15 Vícevrstvá struktura..... | 28 |
| Obr. 16 Schéma šnekového vstřikovacího stroje..... | 29 |
| Obr. 17 Stěnový prvek..... | 33 |
| Obr. 18 Etážový lis..... | 37 |
| Obr. 19 Plnění drtí..... | 37 |
| Obr. 20 Lisování..... | 38 |
| Obr. 21 Odlévaný PMMA..... | 41 |
| Obr. 22 Schéma pultruzní linky..... | 43 |
| Obr. 23 Vyztužující vlákna v rovingu a rohoži..... | 44 |

**Seznam tabulek:**

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Vybrané vlastnosti materiálů..... | 11 |
| Tab. 2 Ceník vytlačovaných desek z materiálu PE-HD..... | 25 |
| Tab. 3 Výrobní parametry vstřikování..... | 31 |
| Tab. 4 Ceník vstřikovaných stěnových prvků..... | 34 |
| Tab. 5 Ceník firmy Gascontrol plast a.s..... | 39 |
| Tab. 6 Porovnání ceny litého a extrudovaného plexiskla..... | 42 |
| Tab. 7 Zjednodušené porovnání výrobních technologií..... | 47 |



Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 28. 5. 2010

Podpis:



Declaration

I have been notified of fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact, in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a the consultant.

Date: 28. 5. 2010

Signature: